

**KAJIAN NANOPARTIKEL DARI ARANG BAMBUDENGAN
PENUMBUK BOLA BAJA UKURAN 1/8 INCHI**



Disusun Sebagai Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh:

**ANGGI SULISTYANI MURPRATOMO
D200130223**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**KAJIAN NANO PARTIKEL DARI ARANG BAMBU DENGAN
PENUMBUK BOLA BAJA UKURAN 1/8 INCHI**

PUBLIKASI ILMIAH

ANGGI SULISTYANI MUPRATOMO

D 200 130 223

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, consisting of a large loop followed by a series of connected strokes, ending in a horizontal line.

Ir. H. Supriyono, MT, P.hD

HALAMAN PENGESAHAN

**KAJIAN NANO PARTIKEL DARI ARANG BAMBU DENGAN
PENUMBUK BOLA BAJA UKURAN 1/8 INCHI**

OLEH

ANGGI SULISTYANI MUPRATOMO

D 200 130 223

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

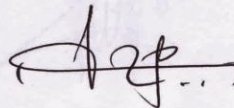
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Senin, 17 Juli 2017

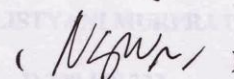
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

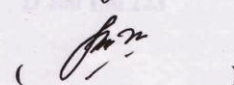
1. **Ir. H. Supriono, MT, P.hD**
(Ketua Dewan Penguji)

()

2. **Ir. Ngafwan, MT**
(Anggota I Dewan Penguji)

()

3. **Ir. Pramuko IP, MT**
(Anggota II Dewan Penguji)

()

Dekan



Ir. H. Sri Sunarjono, MT, Ph.D

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 17 Juli 20017



ANGGI SULISTYANI MURPRATOMO

D 200 130 223

KAJIAN NANO PARTIKEL DARI ARANG BAMBUDENGAN PENUMBUK BOLA BAJA UKURAN 1/8 INCHI

Abstrak

Teknologi nano merupakan suatu teknologi material yang berkaitan dengan penciptaan benda-benda kecil dalam ukuran nanometer (satu per miliar meter) serta pemanfaatannya untuk kehidupan dimasa depan yang lebih efisien. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh siklus tumbukan mekanis terhadap ukuran partikel arang bambu dan komposisi yang terdapat didalamnya. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah produksi nanopartikel 2 juta siklus $\pm 345,9$ nm, 3 juta siklus $\pm 523,6$ nm, dan 4 juta siklus $\pm 523,3$ nm. Sedangkan dari hasil pengujian SEM dapat diketahui bahwa hasil nanopartikel sebagian sudah berbentuk nano dan sebagian masih berupa gumpalan dan komposisi yang paling dominan adalah senyawa Karbon (C). Dari hasil data yang didapat bahwa siklus tumbukan mekanis tidak mempengaruhi terhadap produksi nanopartikel arang bambu.

Kata Kunci: Nanopartikel, siklus, arang bambu

Abstrack

Nanotechnology is a material technology related to creation of small objects in nano size (one per billion meter) and its use for a more efficient future life. This study was conducted to determine the effect of mechanical collision cycle on bamboo charcoal particle size and their composition. Result obtained from this study is production of nanoparticles 2 million cycles is $\pm 345,9$ nm, 3 million cycles is, and 4 million cycles is $\pm 523,3$ nm. While from result SEM testing can be seen that the nanoparticles of particles have been shaped nano and some are still in form of blobs and the most dominant composition is Carbon (C). from the data obtained that the mechanical collision cycle doesn't affect the production of bamboo charcoal nanoparticles.

Keywords: Nanoparticles, Cycle, Bamboo charcoal

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya zaman dan teknologi mengakibatkan kebutuhan akan penelitian dan pengembangan dalam segala bidang semakin meningkat pesat, terutama dalam bidang material. Karena kebutuhan akan teknologi dan perkembangan zaman tidak bisa dipisahkan dan akan menjadi satu kesatuan yang saling berdampingan. Hal yang mendasarkan kemajuan teknologi ini adalah semakin dibutuhkannya material baru guna menunjang

bidang industri yang lain. Pengembangan material terfokus dalam material karbon, karena dengan terbatasnya sumber daya, material karbon diharapkan dapat solusi untuk pengganti material tertentu untuk mengurangi penggunaan bahan kimia. Karena dalam jangka waktu yang panjang penggunaan bahan kimia dapat merusak kestabilan yang ada di dunia ini. Maka adanya teknologi yang bersumber dari karbon yang ramah lingkungan sangat dibutuhkan pada masa dewasa ini.

Partikel berukuran sepersejuta milimeter atau partikel nano, kini digunakan secara luas dalam berbagai produk canggih. Partikel nano antara lain digunakan dalam teknik pengecatan, pelapisan permukaan, panel sel surya, suku cadang mikro-elektronik, katalisator dan kedokteran modern. Produksi partikel nano secara industrial masih terus disempurnakan. Produksi massal partikel nano tidak dapat dilakukan dengan menggiling material berukuran besar. Prosedur semacam itu memakan waktu lama dan mahal. Juga dengan proses penggilingan hanya dapat diperoleh partikel nano dalam jumlah kecil dan terbatas. Pembuatan nano partikel dapat dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan yang lazim disebut sebagai pendekatan *top-down* (misal penggilingan mekanik/*mechanical milling* menggunakan *ball mill*), dan *bottom-up* (misalnya dengan proses *sol-gel*).

Arang bambu (karbon) adalah produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap bambu. Pembakaran tidak sempurna terhadap bambu akan menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbon dioksida, peristiwa tersebut disebut sebagai pirolisis. Pada saat pirolisis, energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga sebagian besar molekul karbon kompleks terurai menjadi karbon atau arang. Pirolisis untuk pembentukan arang terjadi pada temperatur 150-300 °C. Pembentukan tersebut disebut sebagai pirolisis primer. Arang dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi karbon monoksida, gas –gas hidrokarbon, peristiwa ini disebut sebagai pirolisis sekunder. Makin rendah kadar abu, air, dan zat yang

menguap maka makin tinggi pula kadar fixed karbonnya dan mutu arang tersebut juga akan semakin tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mempermudah penelitian maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh siklus tumbukan mekanis terhadap ukuran partikel arang bambu?
2. Apa sajakah yang terdapat dalam arang bambu setelah dilakukan tumbukan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh jumlah siklus dari metode tumbukan mekanis terhadap ukuran partikel
2. Mendapatkan visualisasi dan komposisi dari unsur-unsur partikel yang dihasilkan

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas , penelitian ini berkonsentrasi pada :

1. Jenis bahan yang digunakan yaitu arang bambu wuluh.
2. Ukuran partikel karbon mula-mula adalah mesh 200.
3. Pembuatan bahan uji dengan menggunakan metode tumbukan.
4. Ukuran gotri yang digunakan adalah 1/8 dengan bahan steel.
5. Kecepatan yang digunakan pada alat 701 Rpm.
6. Pengujian penelitian dilakukan langsung pada hasil partikel karbon yang menempel di gotri. Jadi proses sebelumnya tidak dibahas atau diabaikan.
7. Variasi tumbukan menggunakan 2,3,4 juta siklus tumbukan.

1.5 Tinjauan Pustaka

Suatu metode pembuatan partikel nano yang relatif lebih baru daripada penggilingan mekanik namun memiliki fenomena yang mirip adalah *ultrasonic-milling*. Metode ini memanfaatkan kavitas yang terjadi ketika gelombang ultrasonik merambat didalam cairan. Bila gelombang ultrasonik dengan intensitas tinggi merambat didalam cairan maka akan terjadi pergerakan cairan serta peristiwa kavitas (pembentukan, penumbuhan, dan peletusan gelembung) sehingga pada waktu yang sangat singkat terjadi kenaikan temperature hingga ribuan derajat celcius dan tekanan hingga ribuan atmosfer. (Kenneth S. Suslick dan Garreth J. Price. 1999). Pada system yang terdiri atas cairan dan padatan (*slurry*) kejadian ini mengakibatkan tumbukan antar partikel yang dapat mengakibatkan perubahan morfologi permukaan, komposisi, dan reaktivitas. Adapun gelombang (*cavity*) yang terjadi akan meletus bila tekanan diluar gelembung lebih besar daripada tekanan didalamnya. (E.Maisonhaute.2007).

Titanium dioksida (TiO_2) adalah salah satu jenis nano material yang cukup berkembang (yang sangat menarik untuk diteliti saat ini). Sifat fisika dan kimia yang baik menjadikan TiO_2 sebagai bahan yang terus dikembangkan untuk diaplikasikan keberbagai teknologi. Titanium dioksida merupakan material yang bersifat semikonduktor yang dapat menghantar listrik, sifat logam yang kuat, ringan dan memiliki kerapatan yang rendah. (Setiawan *et al.*, 2006). Pengembangan bahan TiO_2 sampai pada skala nanoteknologi dengan pemanfaatan sebagai bahan fotokatalisis untuk ultraviolet, katalis, keramik, disentisasi zat warna dengan sel surya, dan pengolahan air minum berbasis sel surya. Selain itu secara potensial nanopartikel dapat dibutuhkan ke dalam bidang nanotoksikologi untuk mempelajari tentang pengaruh ukuran nanopartikel tersebut.

Nanopartikel adalah partikel berukuran antara 1-1000 nanometer. Nanopartikel dalam bidang farmasi mempunyai dua pengertian yaitu senyawa obat yang melalui senyawa tertentu dibuat berukuran

nanometer yang disebut dengan nanokristal dan senyawa obat dienkapsulasi dalam suatu system pembawa tertentu berukuran nanometer yang disebut dengan *nanocarrier* (Rachmawati. 2007).

Nanopartikel kitosan dipreparasi dengan metode gelasi ionik menggunakan natrium tripolifosfat sebagai *crosslinker*. Keuntungan dari metode ini antara lain preparasi sederhana dan ringan tanpa menggunakan pelarut organik yang berbahaya dan tanpa pemanasan yang dapat merusak bahan aktif, sehingga dapat digunakan untuk obat dengan kategori tidak stabil. (MN Dounighi, R Eskandari, MR Avadi, H Zolfagharian, MM Sadeghi, M Reyazat.2012).

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Nanopartikel

Teknologi nano merupakan suatu teknologi material yang berkaitan dengan penciptaan benda-benda kecil dalam ukuran nanometer (satu per miliar meter) serta pemanfaatannya untuk kehidupan dimasa depan yang lebih efisien. Dalam teknologi nano tercipta suatu kesatuan ilmu dasar seperti ilmu fisika, kimia, biologi molekuler dan ilmu teknik lainnya. Hingga saat ini teknologi nano masih dalam kajian yang mendalam terutama dalam ilmu struktur, karena sifat material yang sangat kecil ini akan sangat dipengaruhi oleh struktur yang dimilikinya.

Sejarah menunjukkan bahwa teknologi ini sudah digunakan sejak seabad yang lalu, seperti penggunaan carbon black dengan ukuran yang sangat kecil (bisa sampai ukuran nano meter) sebagai bahan additif dalam polimer adhesive yang digunakan untuk ban kendaraan, dari bidang kesehatan kita juga telah lama mengenal dan menggunakan vaksin. Struktur nano telah dikemukakan dan diidentifikasi oleh Mihail C. Rocco dari National Science Fondation (NSF) Amerika Serikat melalui situs

Sciam.com, yaitu dimana struktur nano memiliki sejumlah unsur penting dengan dimensi antara satu hingga 100 nano meter yang didesain melalui proses penyatuan secara kimia dan fisika. Khayalan para peneliti untuk memproduksi benda-benda berstruktur nano telah digambarkan dalam buku *Enginers of Creations* karya K. Eric Drexler pada tahun 86, yang isinya antara lain menyatakan bahwa teknologi nano dimasa depan akan dapat memberikan solusi dari berbagai permasalahan global yang sekarang ini belum terpecahkan, seperti penyakit yang belum dapat disembuhkan, memperpanjang usia dll.

2.2 Pengertian Tumbukan

2.2.1 Tumbukan

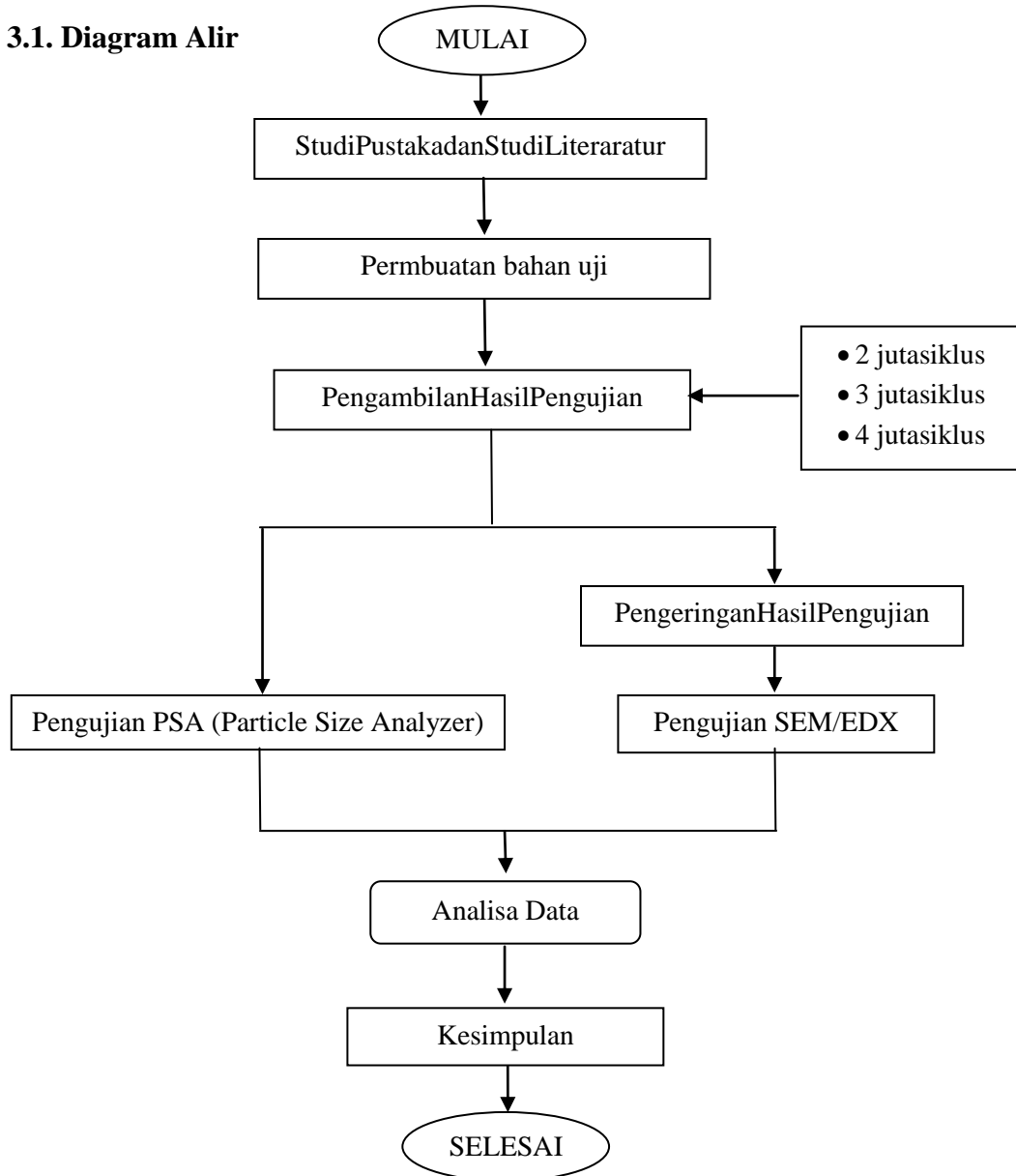
Tumbukan adalah pertemuan dua benda yang relatif bergerak. Pada setiap jenis tumbukan berlaku hukum kekekalan momentum tetapi tidak selalu berlaku hukum kekekalan energi mekanik. Sebab disini sebagian energi mungkin diubah menjadi panas akibat tumbukan atau terjadi perubahan bentuk.

Macam tumbukan yaitu :

1. Tumbukan lenting sempurna, yaitu tumbukan yang tak mengalami perubahan energi. Koefisien restitusi $e = 1$
2. Tumbukan lenting sebagian, yaitu tumbukan yang tidak berlaku hukum kekekalan energi mekanik sebab ada sebagian energi yang diubah dalam bentuk lain, misalnya panas. Koefisien restitusi $0 < e < 1$.
3. Tumbukan tidak lenting sama sekali, yaitu tumbukan yang tidak berlaku hukum kekekalan energi mekanik dan kedua benda setelah tumbukan melekat dan bergerak bersama-sama. Koefisien restitusi $e = 0$.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Bahan Penelitian

- a. Arang bambu
- b. Aquades

3.2.2 Alat Penelitian

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| a. Gotri ukuran 1/8 inchi | e. Freeze Drying |
| b. Botolplastik | f. Alat pengering |
| c. Toples | g. Shaker mils |
| d. Centrifuge | h. Tabung uji |

3.3 Proses Pembuatan Bahan Uji

Bahan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan arang bambu. Ukuran mula awal bambu yang digunakan adalah mesh 200. Proses yang digunakan untuk membuat bahan uji sampai menjadi ukuran nano yaitu menggunakan metode *top-down*. Penumbuk yang digunakan alat bola baja ukuran 1/8.

Serbuk arang bambu dan gotri dimasukkan didalam tabung dengan perbandingan masing-masing adalah 1/3. Kemudian tabung dipasang pada alat shaker mils untuk dilakukan pengujian. Variasi siklus yang digunakan pada pengujian bervariasi yaitu 2 juta 3 juta dan 4 juta siklus tumbukan.

3.4 Langkah Pengujian

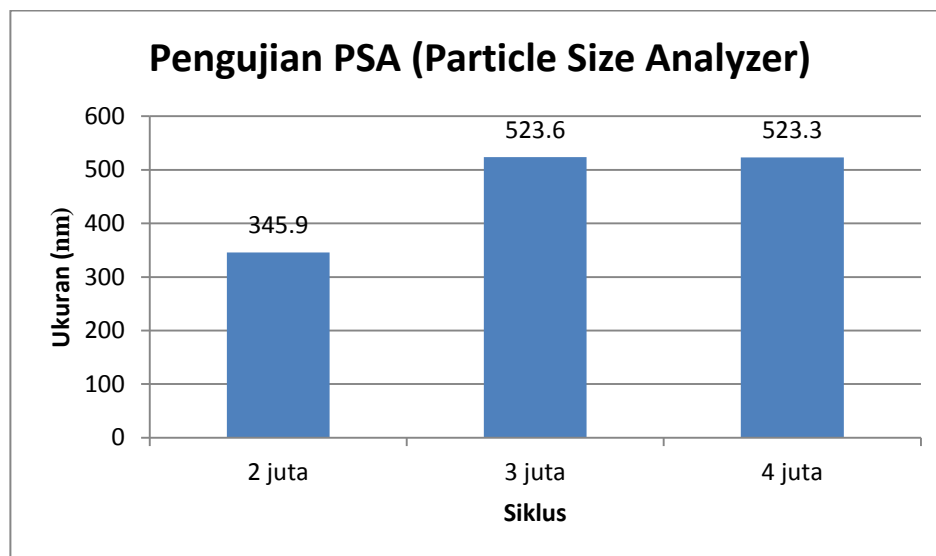
Langkah- langkah penelitian :

- Mempersiapkan alat dan bahan penelitian.
- Mengambil hasil pengujian(2 juta siklus, 3 juta siklus, dan 4 juta siklus).
- Melakukan proses sentrifuge pada spesimen pengujian sebelum dilakukan pengujian PSA.
- Melakukan pengujian PSA (Particle Size Analyzer).
- Melakukan proses pengeringan terhadap spesimen pengujian untuk melakukan pengujian selanjutnya.
- Melakukan pengujian SEM/EDX terhadap benda kerja yang telah dikeringkan.
- Kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan pengujian PSA (Particle Size Analyzer)

Pengujian PSA (Particle Size Analyzer) dilakukan untuk mengetahui ukuran yang dicapai pada benda pengujian. Pada pengujian PSA ini dilakukan 3 kali pengambilan pembacaan ukuran nano, kemudian dari 3 kali pembacaan tersebut diambil rata-rata data pembacaan. Dari pengujian PSA tersebut didapatkan rata-rata pembacaan data seperti diagram dibawah:



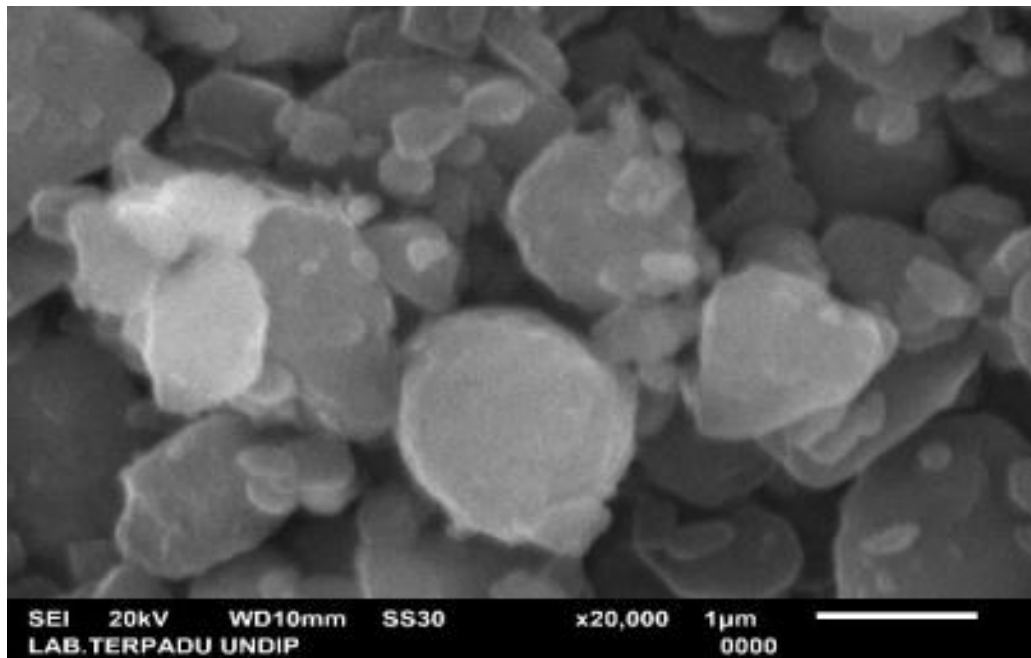
Gambar 4.1 Grafik pengujian PSA

Grafik diatas merupakan grafik hasil pengujian PSA (*Particle Size Analyzer*) produksi nano partikel arang bambu. Dari grafik dapat diketahui bahwa produksi nano partikel arang bambu 2 juta siklus menghasilkan rata-rata produksi arang bambu sebesar 345.9 nanometer, sedangkan produksi arang bambu 3 juta siklus menghasilkan rata-rata produksi sebesar 523.6 nanometer dan produksi nano partikel arang bambu 4 juta siklus menghasilkan rata-rata produksi sebesar 523.3 nanometer. Dari hasil data tersebut didapat bahwa produksi partikel nano arang bambu yang menghasilkan ukuran nano paling terkecil saat produksi nanopartikel melakukan 2 juta siklus. Dari grafik didapatkan hasil bahwa besar nanopartikel pada tiap siklus tak beraturan

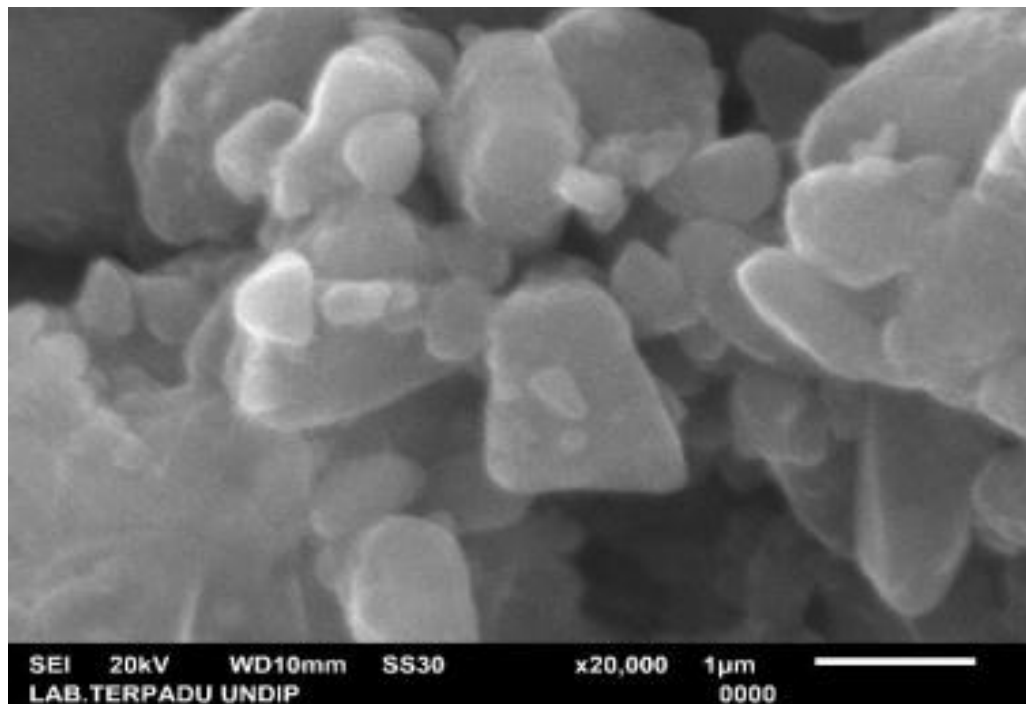
4.2 Pembahasan pengujian SEM/EDX

4.2.1 Pembahasan pengujian SEM

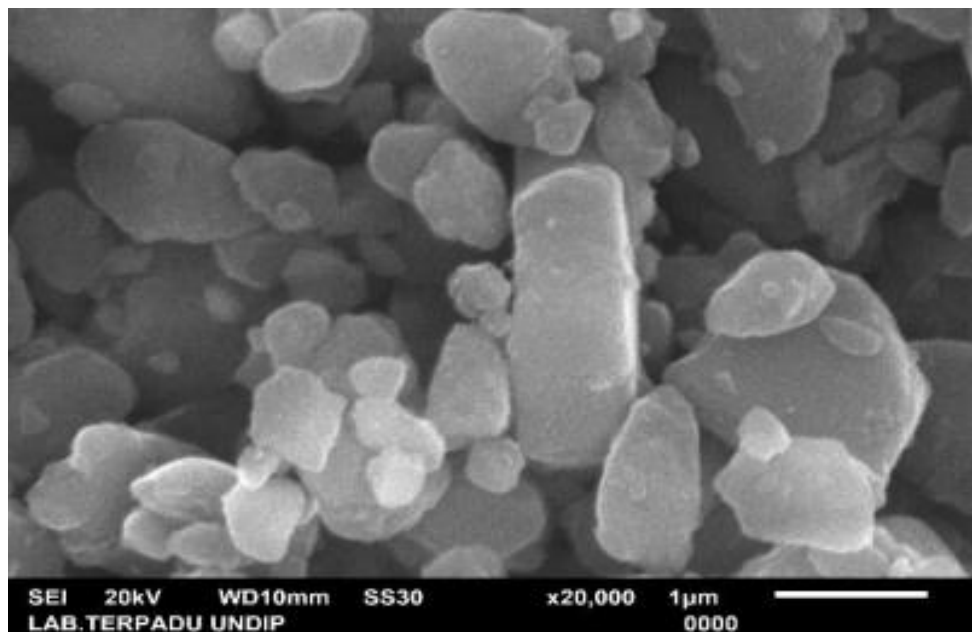
Pengujian SEM (Scanning Electron Microscope) adalah salah satu jenis mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk mendapatkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Pengujian SEM dilakukan untuk mendapatkan visualisasi dari hasil nanopartikel yang telah diproduksi. Dari hasil pengamatan SEM didapatkan visualisasi sebagai berikut:



(i)



(ii)



(iii)

Gambar 4.2 Hasil SEM: (i) 2 juta siklus tumbukan, (ii) 3 juta siklus tumbukan dan (iii) 4 juta siklus tumbukan dengan perbesaran 20.000 kali

Dari hasil SEM nano partikel arang bambu ditunjukkan bahwa gambar foto uji SEM 2 juta siklus memiliki ukuran nano partikel terkecil dibandingkan dengan hasil uji SEM 3 juta siklus dan 4 juta siklus yang masih memiliki ukuran yang besar-besar. Sedangkan dilihat dari morfologi permukaan dari keseluruhan hasil produksi nano partikel dapat diketahui bentuk nano partikel sebagian sudah berukuran nano sedangkan yang lain masih berbentuk gumpalan tidak beraturan. Gumpalan tidak beraturan ini terjadi akibat beberapa faktor yaitu adanya aglomerasi yang mengakibatkan penumpukan pada bola baja yang terjadi saat bola baja saling berbenturan sehingga unsure karbon yang ada menumpuk pada bola baja dan mengakibatkan adanya gumpalan, kemudian adanya reaksi *mechanochemical* yaitu reaksi yang terjadi antara ikatan C dengan C yang baru, ikatan yang baru tersebut yang mengakibatkan terbentuknya gumpalan tersebut dan reaktivitas permukaan nanopartikel yang semula bentuk nano partikel sudah menjadi kecil karena adanya faktor dari suhu/temperature dan udara bentuknya menjadi besar besar kembali ataupun membentuk gumpalan.

4.2.2 Pembahasan pengujian EDX

Pengujian EDX (Energy Dispersion X-ray) adalah sebuah teknik analisa yang digunakan untuk menganalisa unsur atau karakteristik kimia dari sampel. Dari hasil pengamatan didapatkan data EDX 2 juta siklus, 3 juta siklus dan 4 juta siklus sebagai berikut:

Komponen	2 juta	3 juta	4 juta
Karbon, C	91,85%	76.67%	93,11%
Alumina, Al ₂ O ₃	0,21%	-	0,17%
Silika Dioksida, SiO ₂	3,66%	8,15%	4,17%
Klorida, Cl	0.12%	0,80%	-
Kalium Oksida, K ₂ O	1,04%	9,39%	1,43%
Besi (II) Oksida, FeO	1,06%	1,06%	0,91

Tembaga (II) Oksida, CuO	0,77%	-	-
Zink Oksida, ZnO	0,64%	-	-
Molibdenum Oksida, MoO ₃	0,65%	-	-
Natrium Dioksida, Na ₂ O	-	0,35%	-
Fosfor Pentaoksida, P ₂ O ₅	-	1,29%	-
Sulfit, SO ₃	-	1,55%	-
Zirkonium Oksida, ZrO ₂	-	0,83%	-
Kalsium Oksida, CaO	-	-	0,20%

Tabel 4.1 Hasil uji EDX (*Energy Dispersion X-ray*)

Dari pengujian EDX 2 juta siklus dapat dilihat bahwa unsur terbesar dan paling dominan pada pengujian ini adalah Karbon (C)= 91,85%.

Sedangkan hasil dari pengujian EDX 3 juta siklus dapat di lihat bahwa unsur Karbon (C) menurun menjadi 76,67% dan terdapat penambahan unsur yaitu Natrium Dioksida (Na₂O), Fosfor Pentaoksida (P₂O₅), Sulfit (SO₃), dan Zirkonium Dioksida (ZrO₂) dan terdapat beberapa unsur yang hilang dan ada unsur yang mengalami penambahan persentase.

Sedangkan dari hasil EDX 4 juta siklus dapat diamati bahwa unsur karbon mengalami kenaikan kembali menjadi 93,11% dan unsur-unsur yang lain hampir sama dengan hasil komposisi dari 2 juta siklus hanya terdapat penambahan unsur Kalsium Oksida (K₂O) dan ada beberapa unsur yang hilang.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian hasil penelitian produksi nano partikel arang bambu dengan penumbuk bola baja dengan ukuran 1/8 didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa jumlah siklus yang ada tidak berpengaruh terhadap produksi nano partikel arang bambu yang telah dilakukan.
- b. Berdasarkan dari data yang didapat setelah melakukan pengujian produksi nano partikel arang bambu dengan 2 juta siklus menghasilkan rata-rata produksi 345,9 nanometer dengan persentase komposisi yang paling dominan Karbon (C) sebesar 91,85%, 3 juta siklus menghasilkan rata-rata $\pm 523,6$ nanometer, hasil dari morfologi permukaan nanopartikel berbentuk gumpalan dikarenakan adanya beberapa faktor yaitu aglomerasi, *mechanochemical* dan reaktivitas permukaan yang mengakibatkan hasil yang semula sudah kecil kemudian besar kembali karena adanya penumpukan pada permukaan bola baja yang mengakibatkan adanya gumpalan dan dengan persentase komposisi dominan adalah Karbon (C) sebesar 76,67% sedangkan hasil pengujian 4 juta siklus menghasilkan rata-rata $\pm 523,3$ nanometer dan dengan persentase komposisi dominan adalah Karbon(C) sebesar 93,11%.

5.2 Saran

Setelah melakukan rangkaian pengujian sampai dengan mendapatkan kesimpulan ini, dengan ini beberapa saran yang dapat digunakan sebagai proses pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Mencari studi literatur dengan lebih seksama lagi agar lebih banyak referensi untuk melakukan pengujian selanjutnya.
2. Melakukan persiapan awal bahan dengan baik dan teliti agar diperoleh hasil produksi nano partikel yang lebih baik dan sempurna.
3. Dalam melakukan pengembangan penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan mengganti jenis penumbuk ataupun jenis dari bahan yang digunakan agar dapat menghasilkan produksi nano partikel yang lebih baik dan sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Dounighi.MN, Eskandari.R, Avadi.MR, Zolfagharian.H, Sadeghi.MM, Reyazat.M, ***“Preparat and In Vitro Characterization of Chitosan Nanoparticles Containing Mesobuthus eupeus Scorpion Venom as an Antigen Delivery System”***. J Vwnom Anim Toxins incl Trop Dis.2012; 18(1) 44-52
- Kenneth S. Suslick dan Garreth J. Price, ***“Aplication of Ultrasound to Material Chemistry”***, Annu. Rev. Meter. Sci., 29, 1999, pp. 295-366.
- Maisonhaute E,”***Acoustic Cavitation Near a Surface Explored via Nanosecond Electrochemistry***”, 19th International Congres on Acoustic, Madrid, September 2007
- Setiawati , 2006.”**Nanotitania berbasis TTIP dan CaCl₂ dengan metode sol-gel dengan kosentrasi molaritas larutan CaCl₂ 0,06; 0,08; 0,10; 0,11; dan 0,12M”** (Online) (<http://digilib.unila.ac.id/9463/14/BAB%20I.pdf>, diakses pada tanggal 12 April 2017)
- Rachmawati , 2007 **“Pengertian Nanopartikel”** , (Online), (<http://digilib.itb.ac.id/files/disk1.pdf>, diakses pada tanggal 12 April 2017)